

# **CUARTO CONGRESO ARGENTINO DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA (IV CAEDI)**

Buenos Aires 1, 2 y 3 de Septiembre de 2004

## **Un cambio en la enseñanza de las matemáticas en las carreras de ingeniería de UNLP: propuesta, criterios y alcance**

Nestor Bucari <sup>1</sup>, Stella M. Abate <sup>2</sup>, Augusto Melgarejo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dr. en Cs. Matemáticas (UBA), FI (UNLP), 1 y 47 La Plata, [nbucari@ing.unlp.edu.ar](mailto:nbucari@ing.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup> Prof. en Cs. de la Ed. (UNLP), Área Pedagógica, FI (UNLP), 1 y 47 La Plata, [smabate@ing.unlp.edu.ar](mailto:smabate@ing.unlp.edu.ar)

<sup>3</sup> Dr. en Física (UNLP), Facultad de Ingeniería (UNLP), 1 y 47 La Plata, [augusto@iflisyb.unlp.edu.ar](mailto:augusto@iflisyb.unlp.edu.ar)

### **RESUMEN**

*El área de las matemáticas de las Carreras de Ingeniería de la UNLP, en el marco de la Reforma del Plan de Estudios 2002, ha sido reestructurada en cuanto a la organización de sus contenidos y al funcionamiento de sus equipos docentes. Asimismo se ha planteado un cambio abarcativo en la metodología de la enseñanza.*

*Desde un punto de vista curricular la idea de trayecto formativo constituyó un posicionamiento innovador en el contexto de las Carreras de Ingeniería en tanto implica un enfoque alternativo de organizar y estructurar los contenidos. A su vez la unificación de la enseñanza de las asignaturas preexistentes: Álgebra, Análisis Matemático y Geometría Analítica en un mismo espacio curricular constituyó otra de las estrategias de cambio que responde a la necesidad de ajustar la organización de los contenidos a los debates didácticos que postulan la conveniencia de una visión unificada de los conceptos matemáticos.*

*El presente trabajo describe los criterios que direccionaron los cambios operados en el diseño de una de las materias del área mencionada. La misma se denomina Matemática "A" y está ubicada en el primer semestre de la carrera. La deserción de los estudiantes y articulación en el interior del área e inter áreas, han sido dos temáticas - problemáticas constitutivas y centrales en la definición de estos criterios.*

*Correspondiéndose con la problemática descrita, la otra dimensión de la innovación se refiere a la metodología desplegada en el desarrollo de las clases. Las mismas fueron concebidas como espacios de actividad, desplazando el foco desde el profesor como centro a la clase como una totalidad en la cual todos trabajan. Los diferentes recursos y medios utilizados han sido diseñados para contribuir a un aprendizaje constructivo, cooperativo y orientado a la resolución de problemas.*

**Palabras clave:** Innovación, matemática, ingeniería.

## **1 El marco general**

Durante el año 2002 se inició dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata un proceso de adecuación de los planes de estudio de las distintas carreras, con el propósito encuadrarlas dentro de los estándares definidos en los documentos del CONFEDI, para de esta manera posibilitar la acreditación de las mismas por la CONEAU. Esa adecuación supuso, para las distintas especialidades, un proceso de análisis y debate acerca del significado del cambio curricular que debía proponerse.

Al mismo tiempo, en aquellas áreas definidas como básicas y comunes a todas las especialidades –Matemáticas, Física, Química- también se impuso la necesidad de evaluar la posi-

bilidad de un cambio; esta tarea debió hacerse teniendo en cuenta dos enfoques complementarios: hacia el interior de la disciplina, contemplando los aspectos de actualización curricular específicos, y hacia la relación de estas áreas básicas con las necesidades y expectativas de las distintas carreras de las que forman parte.

En el marco descrito, un grupo de profesores del Departamento de Físicomatemáticas formuló una propuesta basada en un diagnóstico acerca de la problemática de la formación matemática que estaban recibiendo los alumnos de Ingeniería. Esta propuesta tuvo en cuenta también la necesidad de ofrecer a los otros Departamentos una opción para la construcción de sus propios planes, que fuera lo más completa posible en cuanto a la formación requerida, razonable en su carga horaria, y lo suficientemente flexible para adecuarse a las particularidades de cada carrera.

El análisis de los aspectos específicos, llevado a cabo a partir de nuestra propia experiencia y de la percepción que tenían otros sectores de la Facultad, “usuarios” de la Matemática que nosotros enseñábamos, indicó la necesidad de diseñar una propuesta de cambio curricular que aportara a la solución de los siguientes problemas:

- El fracaso de los estudiantes en el primer año de sus carreras, asociado con su bajo rendimiento en las asignaturas de matemáticas.
- La dificultad de los estudiantes a la hora de recuperar los conceptos matemáticos en otros contextos.
- La escasa integración de las asignaturas de matemáticas con el resto de las áreas y materias.

Teniendo en cuenta esos propósitos, el esquema diseñado se desarrolló en los siguientes planos:

- a) Organización de los contenidos alrededor de ejes conceptuales comunes.
- b) Reorientación metodológica.
- c) Redistribución de los recursos existentes a fin de mejorar la calidad de la enseñanza impartida.
- d) Estimación de las necesidades de nuevos recursos para implementar la propuesta.

Seguidamente haremos una descripción un poco más detallada de los aspectos concretos de cada una de las cuestiones enumeradas más arriba:

- a) Organización de contenidos a partir de ejes conceptuales.

Se propuso un trayecto básico y común a todas las carreras, estructurado con los ejes:

- Diferenciación en una y varias variables (Matemática A)
- Integración en una y varias variables (Matemática B)
- Álgebra lineal, sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias, series numéricas y funcionales, incluyendo el tratamiento numérico de estos temas (Matemática C).
- Probabilidad y estadística

En la mayoría de las especialidades el trayecto se completa con una Matemática D adaptada en forma modular a los requerimientos temáticos de las diferentes carreras. Esta materia incluye una segunda parte de Cálculo numérico.

La carreras de Ingeniería Electrónica y Electricista incluye una materia más: Matemática E, que completa temas de interés para esas carreras como ecuaciones diferenciales con coeficientes analíticos.

Con esta organización, basada en ejes comunes más que en la suma de contenidos, se buscó favorecer:

- la articulación entre los contenidos de materias afines
- la posibilidad de mover contenidos entre las distintas materias del trayecto básico.
- una mayor unidad conceptual y metodológica, evitando repeticiones y permitiendo una presentación coherente de las ideas fundamentales.
- la posibilidad de secuenciar el aprendizaje progresivamente en cuanto a la dificultad de los temas y al grado de formalización con el cual se presentan al estudiante.
- una distribución racional de la carga horaria, la cual se igualó en 12 horas semanales de Matemática para los primeros tres semestres en todas las carreras, asignando entre 6 a 9 horas semanales en el cuarto y quinto semestres, dependiendo de la carrera.

Una descripción de los cambios en el plan de estudios referidos a las asignaturas de matemática puede verse en la Tabla 1:

PLAN 1988			PLAN 2002	
Semestre	Materias	hs/sem	Materias	hs/sem
1	- Análisis Matemático I	6	- Matemática A	12
	- Geometría Analítica	6		
	- Álgebra	6		
	<b>Total 1er semestre</b>	<b>18</b>		
2	Análisis Matemático II	6	- Matemática B	12
	<b>Total 2° semestre</b>	<b>6</b>		
3	-Análisis Matemático III	6	- Matemática C - Probabilidades	9 3
	- Probab. y Estadística	6		
	<b>Total 3er semestre</b>	<b>12</b>		
4	- Análisis Matemático IV	8	- Matemática D ó D1 - Estadística	9 3
	<b>Total 4° semestre</b>	<b>8</b>		
5	- Análisis Matemático V	8	- Matemática E	6
	<b>Total 5° semestre</b>	<b>8</b>		

Tabla 1: Comparación de los trayectos de Matemática en ambos planes de estudio

b) Reorientación metodológica:

En la propuesta aprobada se manifiesta el propósito de efectuar una revisión de la metodología de enseñanza, de manera de:

- Implementar una forma teórico-práctica integrada, con una marcada intención de favorecer el desarrollo de aptitudes y habilidades para la resolución de problemas.
- Propiciar la actualización bibliográfica y del material didáctico, y la revisión de los contenidos y enfoques dentro de las diferentes áreas.
- Incorporar nuevos recursos didácticos *en el aula*, tales como libros de texto y consulta y acceso a equipos de computación.

c) Redistribución de los recursos existentes:

- La reducción de la cantidad de materias diferentes posibilitó una redistribución y mejor aprovechamiento de los recursos docentes, incrementando de esa manera la relación docente alumno, sobre todo en primer año. Con refuerzos modestos, se llegó a una relación docente alumno de 1/20.
- La misma reducción permitió estandarizar los horarios de las materias, posibilitando ubicar a todos los grupos o comisiones en algunas aulas específicas, las que se equiparon con facilidades para el trabajo grupal, biblioteca, y computadoras en número suficiente para ser usadas en el trabajo diario.

d) Estimación de las necesidades de equipamiento:

- El cambio propuesto determinó la necesidad de equipar tres aulas destinadas a las asignaturas de matemáticas. Esto significó la adquisición de 30 PC (10 por aula) y de 130 libros de texto.

## **2 La asignatura Matemática A**

### **2.1 Cuestiones generales**

El eje conceptual de Matemática A es, tal como se ha dicho, el cálculo diferencial en una y varias variables. Este eje implica por supuesto una introducción al cálculo, y también marca un sentido para esa primera visión del cálculo: el del estudio de la variación de una función. El cálculo es, en este sentido, el estudio del cambio. Y si la función es el modelo de algo, las herramientas del cálculo permiten estudiar el cambio de ese algo.

Para la presentación de los contenidos se procuró tener en cuenta los siguientes principios:

- Modificar la relación entre la teoría y las aplicaciones, organizando la enseñanza alrededor de algunos problemas importantes.
- Equilibrar lo cualitativo y lo cuantitativo.
- Apoyarse en objetos típicos sencillos que más adelante servirán de referencia.
- Teorizar únicamente lo necesario, con base en niveles de formalización accesibles a los estudiantes.
- Promover un enfoque constructivo del aprendizaje.

Con la convicción de que el aprendizaje es un hecho social, que se aprende con otros y de otros, el método propuesto incorporó el trabajo grupal y cooperativo entre los alumnos, y entre éstos y sus docentes.

La clase, el aula, son espacios de actividad; el foco se desplaza desde profesor como centro, como iluminador, a la clase como una totalidad en la cual *todos trabajan*.

Esto implicó el diseño de estrategias apropiadas para las distintas situaciones. En algunos temas es suficiente con una guía de actividades; en otros casos se recurre a la construcción de un procedimiento en la computadora. Frecuentemente es adecuada la intervención del docente por medio de una exposición general. No se establece un esquema rígido, sino una planificación que, sirviendo como marco para el proceso, pueda adaptarse a la realidad de cada curso particular.

A cargo de cada curso está un equipo docente, al que se intenta dar estabilidad en el tiempo; este equipo es el responsable de la marcha del proceso y de su adaptación a las condiciones especiales.

## **2.2 Diseño metodológico**

La materia se organiza en tres clases semanales de 4 horas de duración. Cada grupo o comisión está integrado por alrededor de 60 alumnos a cargo de cuatro docentes (Profesor y tres auxiliares) que ocupan las aulas destinadas a esta materia. Las aulas están amuebladas con mesas y sillas, de manera de que en cada mesa pueda trabajar un grupo estable de 5 a 8 estudiantes. En cada mesa hay una PC con un software tipo Maple o Mathematica instalado. Cada aula tiene una biblioteca para uso de los estudiantes con los textos seleccionados como bibliografía básica (2 por mesa) y otros de consulta.

Cada unidad temática se desarrolla en un tiempo de 6/8 clases, para las cuales se prevén las siguientes instancias:

- a) *Actividades teórico-prácticas guiadas*: constituyen el núcleo principal de trabajo. Introducen constructivamente los conceptos principales. La tarea aquí es grupal, y el docente guía e intercambia con el grupo.
- b) *Exposiciones docentes*: Son el nexo entre actividades y demás instancias de las clases. Tienen como objeto ampliar, conectar y unificar. También contribuyen a la generalización y formalización de los conceptos adquiridos.
- c) *Problemas integradores*: Son situaciones problemáticas de cierta complejidad (por supuesto accesibles a los estudiantes) que se plantean a la clase. En lo posible pertenecientes a contextos provenientes de la Ingeniería. Son conocidos por los alumnos al comienzo de cada unidad temática y se desarrollan durante todo el transcurso de la misma. Se prevén dos instancias para su resolución, una grupal con la participación de los docentes en cada grupo y otra general, donde cada grupo expone su problema, cómo lo pensó y a qué conclusiones llegó.
- d) *Atención de consultas*: Se dispone de tiempo para que los docentes atiendan las consultas de los estudiantes sobre la ejercitación propuesta o sobre cualquier otro tema.

## **3 La experiencia realizada.**

Como consecuencia de la aprobación de la adecuación de los planes de estudio, la asignatura Matemática A comenzó a dictarse en el primer semestre del 2003 a los alumnos ingresantes.

### 3.1 El trabajo con los docentes

Entre los meses de agosto 2002 a febrero de 2003 se realizaron actividades de capacitación del personal docente afectado a la materia, organizadas en conjunto con el Área pedagógica de la Facultad de Ingeniería. El propósito de esas actividades fue la sensibilización de los docentes sobre la necesidad y oportunidad del cambio propuesto, así como la definición de algunas de las características de los cursos a dictar.

Es preciso mencionar que el grupo docente inicialmente destinado a la materia tuvo las siguientes particularidades: era numeroso (alrededor de 35 docentes entre profesores y auxiliares), provenían de distintas materias del plan anterior (Análisis Matemático, Geometría Analítica, Álgebra) y también la formación académica de los integrantes era heterogénea (matemáticos, físicos, ingenieros, etc.). A ese grupo se le asignó la tarea de dictar una asignatura nueva en cuanto a contenidos, con mayor carga horaria y con distinta metodología de trabajo.

Además, es claro que innovar en la enseñanza implica para los docentes una sobrecarga de tarea. La reflexión y la planificación son actividades inherentes a este proceso y suelen ser poco frecuentes en el ámbito universitario.

Esta situación hizo que en un comienzo la definición de guías de actividades, formatos de clase, selección de material, etc. recayera en el grupo coordinador e impulsor de la experiencia. Es deseable que en los próximos semestres los sub - grupos docentes vayan configurando sus propios estilos de trabajo en el marco de la propuesta general.

### 3.2 Rendimiento académico

Los resultados obtenidos en los tres semestres en los que se ha dictado la asignatura son los siguientes:

Año	Semestre	Inscriptos		Total	Cursaron*	Aprobaron	A examen final	Desaprobados
		Ingresantes	Recur-santes					
2003	1	593	0	593	507	263	59	185
	2	100	127	227	196	47	20	129
2004	1	495	160	656	576	a la fecha no concluyó el curso		

\* número de alumnos que se presentaron a rendir al menos una de las evaluaciones.

Tabla 2: Rendimiento de los alumnos en los tres primeros cursos

De la tabla anterior vemos que de 693 alumnos que ingresaron durante el año 2003, un total de 389 (56 %) acreditó alguna instancia y prosigue cursando las materias siguientes, mientras que 160 (23%) está cursando nuevamente Matemática A en el primer semestre del 2004, lo que proporciona un índice de deserción inferior al 22% en el primer año.

### 3.3 La opinión de los estudiantes

Finalizados los dos primeros cursos, se realizó entre los estudiantes una encuesta dirigida a indagar sus opiniones respecto a diversas cuestiones referidas al dictado de la asignatura. La encuesta se dividió en tres partes. La primera interrogaba sobre su relación con la Ma-

temática en la escuela media; la segunda se refería al Curso de Nivelación y la tercera parte, la más extensa, inquirió acerca de sus percepciones sobre la materia. Sólo destacaremos algunas de las respuestas a las que consideramos de singular valor debido a que, o bien se alejan de lo que se podría presuponer, o bien aportan algún dato novedoso (Tabla 3).

2. Cómo valora la Matemática de la escuela media	Le gustó	80%
	No le gustó mucho, pero la soportó	19%
	No le gustó en absoluto	1%
4. El Curso de Nivelación respecto a Matemática A le resultó:	Muy útil	24%
	Útil	63%
	No le fue de utilidad	11%
8. Aspectos negativos en el rendimiento	Gusto por la materia	5%
	Profesores	14%
	Interés por los temas	18%
	Dedicación	57%
	Materiales de estudio	28%
9. Aspectos positivos en el rendimiento	Gusto por la materia	61%
	Profesores	52%
	Interés por los temas	26%
	Dedicación	27%
	Materiales de estudio	29%
14. Aspectos importantes para el aprendizaje	Libro en el aula	46%
	Computadora	46%
	Trabajo grupal	75%
	Número de docentes	56%
	Material de estudio	22%
15. Horas semanales de dedicación fuera de clase	Menos de 5 hs	24%
	Entre 5 y 10 hs	51%
	Más de 10 hs	24%
16. Valoración del libro de texto	Muy bueno	24%
	Bueno	55%
	Regular	17%
	Malo	4%

Tabla 3: Resultados de la encuesta a los alumnos. 390 casos correspondientes al 1er. semestre 2003

#### 4 Balance provisional

El presente trabajo intentó describir aspectos de un proceso de innovación complejo que aún se encuentra en su etapa fundacional. Este hecho y las restricciones propias que impone la comunicación de ideas y experiencias en eventos como éste, hacen que en esta oportunidad se hayan relatado sólo ciertos aspectos de dicho proceso.

De este año y medio de experiencia se realiza el siguiente balance provisorio:

Con respecto a los ejes problemáticos que motivaron el cambio - el fracaso de los estudiantes en el primer año de sus carreras, asociado con su bajo rendimiento en las asignaturas de matemáticas, la dificultad de los estudiantes a la hora de recuperar los conceptos matemáti-

cos en otros contextos y la escasa integración de las asignaturas de matemáticas con el resto de las áreas y materias -, se puede decir lo siguiente: a) haciendo un primer análisis de lo descrito afirmamos que el desarrollo de la innovación ha impactado positivamente en el rendimiento académico de los alumnos; b) se han estructurado los contenidos de matemática con criterios que toman en consideración otras referencias más allá de las propias del ámbito de la asignatura, cátedra o nivel. En este sentido el concepto de trayecto y la definición de espacios curriculares en función de las carreras han sido importantes cambios en la estructuración formal del curriculum desde actuales planteos de teóricos del campo curricular y c) se han desarrollado estrategias adecuadas a las necesidades de los alumnos. Esto de alguna manera es reflejado en las opiniones de los alumnos y en cambio de actitud de los mismos. En efecto, la experiencia de Matemática “A” contribuyó a modificar la actitud del alumno universitario en materias masivas; el alto porcentaje de asistencia de los mismos a clase a lo largo todo el semestre y el escenario cotidiano de trabajo en las aulas constituyen ejemplos de este cambio.

Más allá de los datos objetivos que valoran la experiencia, los autores de esta ponencia realizan las siguientes consideraciones personales:

No cabe la menor duda que es necesario innovar en la enseñanza universitaria y fundamentalmente en el contexto de los primeros años. La universidad debe “hacerse cargo”, de alguna manera, tanto de los altos índices de fracasos de los alumnos como de las dificultades de inserción del graduado en el mundo laboral. Convicciones como éstas y debates específicos acerca de la enseñanza de la matemática han *direccionado y sostenido* la presente experiencia.

Entre otras cuestiones, el planteo de esta innovación fue posible dado que la misma surgió de docentes del propio ámbito a cambiar y contó con un contexto institucional favorable al cambio, dado que otros sectores de la institución compartieron por diversas razones la necesidad de modificación de la enseñanza en las matemáticas.

## 5 Reconocimientos

Los autores desean reconocer a los distintos actores que participaron en la gestión del cambio que se describe en este trabajo. En particular:

- La propuesta de cambio en el trayecto de matemáticas para la adecuación de los planes de estudio es de la autoría de los siguientes profesores del Departamento de Físicomatemáticas de la FIUNLP: Lic. Nélide Echebest, Lic. Cristina Vacchino, Lic. Liliana Carboni y Dr. Nestor Bucari.
- La planificación y la redacción del material a utilizar en los cursos ha sido realizada por un equipo coordinado por Nestor Bucari y la Lic. María T. Guardarucci, en el que colaboraron: Lic. Leonor Bogliano, C.C. Viviana Giandini y Esteban Baragatti.
- La intervención del Área Pedagógica de la FIUNLP en cada una de las etapas del proceso aportó claridad al debate conceptual y contribuyó a la definición de aspectos importantes de la innovación.